

飞机部件数字化总装配系统浅析

詹建国 丁立栋 张庆辉

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西省西安市 710089

摘要: 在数字化技术推动下,飞机装配技术快速发展,逐步形成了现代飞机数字化装配技术体系。由数字化柔性装配工装、数字化定位调姿设备、自动化制孔设备、数字化测量设备和信息化集成管理平台等组成的飞机部件数字化总装配系统是现代飞机数字化装配的典型特征^[1]。

关键词: 数字化定位调姿;数字化测量;总装集成平台;工艺防差错

Improvement strategy of the test level of highway and bridge

Zhan Jianguo, Ding Lidong, Zhang Qinghui

AVIC Xi'an Aircraft Industry Group Co., Ltd. Xi'an, Shanxian 710089

Abstract: Driven by the digital technology, the aircraft assembly technology has developed rapidly, and gradually the modern aircraft digital assembly technology system has been formed. The digital general assembly system of aircraft parts composed of digital flexible assembly tooling, digital positioning posture adjustment equipment, automatic making equipment, digital measurement equipment and information integrated management platform is a typical feature of modern aircraft digital assembly^[1].

Keywords: digital positioning and posture adjustment; digital measurement; final assembly and integration platform; process error prevention

装配是飞机制造的重要环节,装配技术与装备在很大程度上决定了飞机最终质量、制造成本和周期,因此,提高飞机装配技术水平在飞机制造中具有重大意义。

近年来,西方国家航空企业的飞机数字化装配技术已得到了长足发展,基本涵盖了组件装配、部件装配和飞机总装的各方面^[2],大量先进的数字化装配技术与工艺装备被广泛应用在飞机装配生产线上,有效降低了飞机研制成本,缩短了研制周期,大幅提高了飞机装配质量和效率。

实践表明,发展数字化装配技术和装备是提升飞机可靠性、安全性、维护性的有效途径。随着现代飞机性能要求不断提高,航空制造业竞争日益激烈,飞机装配过程关键之一的部件装配,亟待研究和应用数字化总装配系统。

1 部件数字化总装配系统

1.1 基本功能

部件数字化总装配系统是实现部件总装过程数字化和自动化的关键装配工艺装备。能完成壁板、框梁等组件的数字化精准定位,确保组成外形完整、准确的机身部件。在组件连接区域、产品关键交点和端面能实施自

动化制孔、自动化加工,减轻手工操作强度,提升产品连接质量。总装配过程、完工交付环节,能进行数字化测量,监控零、组件定位准确性,提前发现和解决产品定位问题,并将部件外形姿态准确记录和传递。除此之外,还兼顾安全、精益、信息化、防差错等现代飞机装配需求的功能,并配备大量辅助工艺装备,提升部件装配质量和效率。

1.2 基本组成

飞机装配过程是将大量飞机零件,按照设计和技术要求进行组合、连接^[3],由零件逐步装配成组合件、部件等,最后将组、部件对接成整架飞机。飞机机体是结构复杂、要求严格的产品^[4]。组成机体结构的各部件,结构形式和特点各不相同,因此实现其数字化装配的部件数字化总装配系统组成也不尽相同。部件数字化总装配系统一般由数字化定位调姿系统、自动制孔系统、数字化测量系统、集成控制系统及辅助工艺装备集成系统组成,各系统作用于飞机装配定位、制孔、连接、测量、交付全工艺流程,在数字化定位技术、自动化制孔技术、数字化测量技术等数字化装配关键技术的支撑下,全面提升飞机产品装配质量和效率。

2 关键技术

2.1 数字化定位

数字化定位是在飞机装配定位过程中，用数字量传递飞机组、部件定位所需的空位置信息，利用计算机数字化、显性化控制，分析比对产品理论空位置与实际空位置偏差，并驱动数字化定位执行装置，通过柔性调姿工装带动产品位移，实现飞机组、部件的精确定位。实现飞机装配定位数字量传递，除了使用数字化设计的柔性工装抓取、保形外，还必须借助数字化测量设备进行产品空位置测量。因此，飞机数字化定位技术

是指针对飞机产品的结构特点、定位要求，借助数字化测量设备或系统进行飞机组、部件定位。在三维空坐标系中，约束刚性体空位置一般用X、Y、Z三个坐标，数字化定位技术的应用原理，就是用数字化测量系统实时测量得到的产品空坐标数字量，驱动成组的机械运动装置带动产品在X、Y、Z三个坐标方向上的位移，从而实时调整和确定产品定位姿态，数字化定位调姿流程，见图1。数字化定位技术应用的系统就是飞机装配数字化定位系统，一般包括测量系统、机械定位装置、控制软件等，见图2。

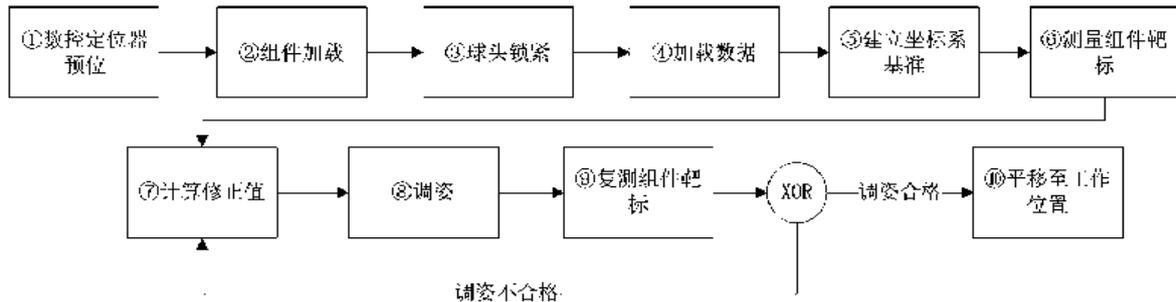


图1 数字化定位调姿流程



图2 数字化定位系统

2.2 自动化制孔

目前，飞机结构件采取主要的连接方式仍是机械连接，且连接件数量庞大。为了满足现代飞机高寿命的要求，可通过各种技术途径改善各连接点的技术状态（表面质量、配合性质、结构形式等），其中一个很重要的途径是通过自动化设备进行自动精密制孔，提高制孔质量^[5]。自动化制孔是以制孔设备为执行端，通过集成控制系统将制孔工艺信息传递至制孔设备后，设备在固定轨道和空移动，到达产品表面并自动识别准确制孔位置，进行自动制孔的过程。完成这一过程的关键技术包括孔位找正技术、法向找正技术、镗窝深度控制技术、自动制孔表面控制技术和多系统集成控制技术。随着科学技术的不断发展，飞机装配中自动化制孔技术水平也不断提高，大量新型的自动化制孔设备和系统得到应用。飞机部件装配过程中，根据产品结构特点、性能和要求，在开敞性、刚性相对较好的连接部位普遍应用了自动制孔技术和系统，如：自动制孔机床、机器人自动制孔系

统、柔性导轨自动制孔系统，见图3。



图3 虚拟五轴制孔设备

2.3 数字化测量

数字化测量技术是飞机数字化装配技术的重要组成部分，通过各种数字化测量设备，用数字化测量系统高精度测量，分析飞机零、组件空姿态，为飞机装配全过程提供精确的空位置信息，实现装配过程全数字量传递，保证飞机装配精度、质量及效率。常见的数字化测量技术和系统有激光跟踪仪、室内GPS、近景照相测量等，其特点和使用范围均不相同。在部件数字化装配中，应用最广的是激光跟踪仪测量技术及系统。通过部件装配站位预设的地标点或产品上的基准点，激光跟踪仪测量并建立空坐标系，在同一个坐标系下，激光跟踪仪测量参与装配的零、组件实际空位置，并与理论空位置比对、分析，实现对部件定位过程的数字化调姿和交付前部件姿态的监控。

2.4 总装集成平台

飞机部件尺寸大，结构复杂，导致部件总装配工艺流程相对复杂，装配操作工况相对较多。参与部件总装配的零件、组件、标准件及装配工装等物料繁多，过程中操作人员要进行零、组件等装配物料取用、吊装、定位制孔、连接、测量、清理等大量细节操作。为保证操作的准确性，操作人员需查阅大量技术文件、清点准备装配资源，耗时费力。随着国内外飞机制造技术的发展，现代先进的制造理念逐步融入飞机制造各环节，安全、高效、集约的总装集成平台，普遍应用在飞机部件总装配过程中。部件总装配集成平台综合物料运输、机械助力、中央集尘、激光测量建站、能源网络供给等功能，布置在飞机部件的周围，设置安全、可达的操作平台，配备物料运输电梯、辅助安装提升装置、中央集尘设备、激光跟踪仪架设点及能源网络集成接口，见图4，满足飞机部件总装配不同工况的需求，给装配操作人员提供安全、精益、高效的工作条件，促进飞机装配质量和效率提升。

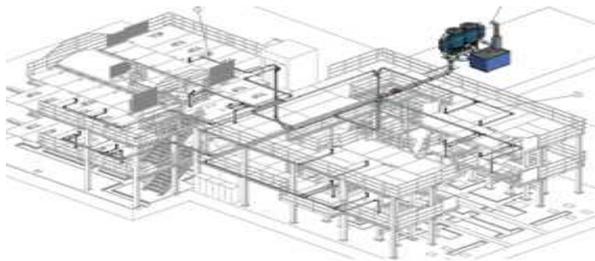


图4 总装集成平台

2.5 辅助工艺装备

飞机部件数字化装配，除在总装配集成平台上完成数字化定位调姿、数字化制孔、数字化测量外，还要进行部件的入位和出架等工作。传统部件装配普遍采用吊运方式进行部件出入架，需多人配合，在工作梯、吊挂及厂房吊车的辅助下完成部件的转运，整个过程安全风险大，协调操作要求高。尤其大型飞机部件数字化装配，部件重量大、吊运风险大，入位精度要求高，出架前激光测量工作量大。传统的吊运方法，已经不能满足数字化装配的需求，急需能够满足高精度定位要求且运输安全可靠，运输能力较强的智能化运输装备。AGV智能运输车是最常用的部件运输装备，见图5，人工遥控按固定

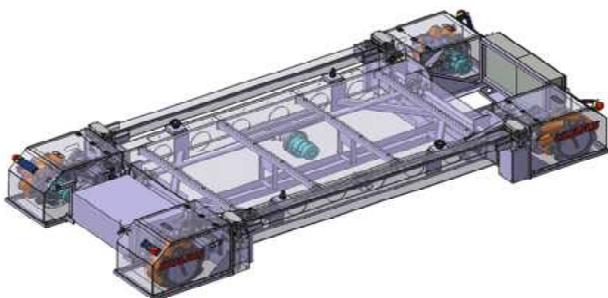


图5 AGV智能运输车

轨迹自动循迹移动，能在原地任意方向旋转，配合转运工装能将参与总装配的组件安全、可靠、准确地运送到架内，并与数字化定位系统精准对接。除此之外，为了便于激光测量操作，可移动气垫剪式升降平台，能方便、快捷实现测量的可达性。

2.6 工艺防差错

飞机装配是多项专业技术、专业操作高度交叉、协调的过程，结构尺寸越大、越复杂，装配工作量越大，装配过程越繁琐。在飞机结构装配过程中，定位、制孔及连接是主要环节，决定了飞机结构装配的质量和效率。大量实践证明，制孔是人为操作产品质量问题出现最多的环节。因此，应用先进的自动制孔设备替代手工制孔制线制孔，是解决制孔质量问题的重要手段。除此之外，在制孔设备不可达的区域，用传统制孔工装，如：制孔钻模，也是最常用、最重要的减少手工制孔质量问题的手段。不仅如此，在钻模板的设计上融入颜色防差错、形状防差错等先进的差错理念，见图6、图7，更能有效保证操作人员正确使用钻模板，准确识别孔位和孔径，避免人为制孔质量问题发生。



图6 颜色防差错

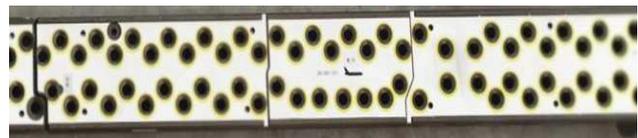


图7 形状防差错

3 结束语

国内飞机数字化装配关键技术和数字化装配工艺装备的研究已经取得了突破性进展，大量先进的数字化装配系统成功应用于各型飞机的研制和生产中，形成了现代飞机数字化装配技术体系，彻底实现了飞机制造模拟量传递向数字量传递的时代跨越，为飞机制造向智能化发展奠定坚实基础。

参考文献：

- [1]郭洪杰.飞机数字化柔性装配生产线关键技术.航空制造技术, 2011(17)
- [2][3]何胜强.大型飞机数字化装配技术与装备.航空工业出版社, 2013
- [4]范玉青.现代飞机制造技术(修订).北京航空航天大学出版社, 2001
- [5]卜泳、许国康、肖庆东.飞机结构件的自动化精密制孔技术.航空制造技术, 2009(24)